

BRUCE L. ADAMS
PATENT & TRADEMARK OFFICE

JOHN R. BENEFIEL*
PAUL R. HOFFMAN
TAKESHI NISHIDA
FRANCO S. DE LIGUORI*

*NOT ADMITTED IN NEW YORK
*REGISTERED PATENT AGENT

ADAMS & WILKS
ATTORNEYS AND COUNSELORS AT LAW
50 BROADWAY
31st FLOOR
NEW YORK, NEW YORK 10004

RIGGS T. STEWART
(1924-1993)

TELEPHONE
(212) 809-3700

FACSIMILE
(212) 809-3704

AUGUST 26, 2005

COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Re: Patent Application of Yoshiharu SHIRAKAWABE et al.
Serial No. 10/651,526 Filing Date: August 29, 2003
Examiner: Rodney Glenn McDonald Group Art Unit: 1753
Docket No. S004-5110

S I R:

The above-identified application was filed claiming the right of priority based on the following foreign application(s).

1. Japanese Patent Appln. No. 2002-254880 filed August 30, 2002

Certified copy(s) are annexed hereto and it is requested that these document(s) be placed in the file and made of record.

Respectfully submitted,

ADAMS & WILKS
Attorneys for Applicant(s)

By: 

Bruce L. Adams
Reg. No. 25,386

MAILING CERTIFICATE

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first-class mail in an envelope addressed to: COMMISSIONER FOR PATENTS, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on the date indicated below.

Debra Buonincontri

Name



Signature

AUGUST 26, 2005

Date

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

出願年月日
Date of Application:

2002年 8月30日

出願番号
Application Number:

特願2002-254880

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 2 - 2 5 4 8 8 0

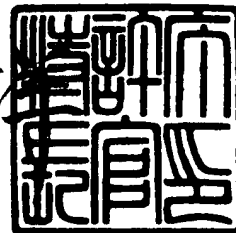
願 人
Applicant(s):

エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社

2005年 6月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願

【整理番号】 02000642

【提出日】 平成14年 8月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01R 1/067
G01N 27/00

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 白川部 喜春

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 高橋 寛

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 新井 正

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 入江 昭夫

【代理人】

【識別番号】 100096378

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂上 正明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103799

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 極微小多探針プローブの製造方法及び表面特性解析装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 リソグラフィによるマイクロカンチレバー製作手法により複数本のリード部を分離形成すると共に先端部には短絡エリアが形成されたカンチレバーを作成するステップと、集束荷電粒子ビームを用いて前記先端部の短絡エリアをスパッタ若しくはガスアシストエッチングにより加工し、探針を形成させるステップとからなる極微小多探針プローブの製造方法。

【請求項 2】 リソグラフィによるマイクロカンチレバー製作手法により複数本のリード部を分離形成したカンチレバーを作成するステップと、前記カンチレバーの先端部に原料ガスを噴射しつつ集束荷電粒子ビームを照射する CVD 若しくはイオン打ち込みによって導電化し探針を形成させるステップとからなる極微小多探針プローブの製造方法。

【請求項 3】 リソグラフィによるマイクロカンチレバー製作手法により複数本のリード部を分離形成すると共に先端部には短絡エリアが形成されたカンチレバーを作成するステップと、ステッパー、マスクアライナー、SORを用いた X 線露光、または電子線描画のいずれかを含むレジスト感光と、ドライまたはウェットエッチング処理を行うフォトファブ리케이션技術を用いて前記先端部の短絡エリアを加工し、探針を形成させるステップとからなる極微小多探針プローブの製造方法。

【請求項 4】 探針として、くし歯状電極の表面に FIB 装置を用いた CVD によってニードル状の探針を形成させるステップを加えた請求項 1 または 2 に記載の極微小多探針プローブの製造方法。

【請求項 5】 探針は弾性構造に CVD 形成されたものである請求項 1 または 2 に記載の極微小多探針プローブの製造方法。

【請求項 6】 リソグラフィによるマイクロカンチレバー製作において、先端部に山なりの凸状土手を形成するステップを加えた請求項 1 から 3 のいずれかに記載の極微小多探針プローブの製造方法。

【請求項 7】 極微小多探針プローブを先端部に具備したマイクロカンチレ

バーと、先端部に専用の探針を具備したAFM用のマイクロカンチレバーとを前記両探針の位置を既知の所定間隔に配置すると共に、両カンチレバーを独立して試料面に対して接触／非接触状態に駆動する手段とを備えたものであって、極微小多探針プローブを非接触状態にしてAFM機能によって試料面の観察画像を得、該観察画像から計測領域を特定し、前記極微小多探針プローブを特定領域に位置決めして接触させる機能を備えることを特徴とする表面特性解析装置。

【請求項8】 接触／非接触状態に駆動する手段は、温度制御によるバイメタル式アクチュエータ、くし歯状の静電アクチュエータ若しくは圧電マイクロアクチュエータのいずれかを採用したものである請求項7に記載の表面特性解析装置。

【請求項9】 カンチレバーには歪みゲージが設置された自己検出方式を採用し、暗視野形態での測定を可能とすることを特徴とした請求項7または8に記載の表面特性解析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば半導体プロセス評価に用いられる4探針法による走査型トンネル顕微鏡、および該走査型トンネル顕微鏡に用いて極表面領域の解析に適したプローブに関する。

【0002】

【従来の技術】

トランジスタの発明は半導体表面の電気特性、特に表面電子状態の研究から生まれた経緯があるが、表面電子状態そのものによる電気伝導については、今日に至るまで未解析の部分が多い。この「表面状態伝導」は、結晶表面のわずか1乃至2原子層だけを通るものなので計測することが極めて困難である。しかし、超高真空中で動作する4探針型走査トンネル顕微鏡やマイクロな4端子プローブなどの新しい計測・検査手法の出現によって、その直接測定が可能となりつつあり、それによって、きわめて興味深い伝導特性が明らかにされ始めた。半導体表面の電子状態はバルク電子状態とはまったく異なる独自の特性をもつのであることが

分かった。電子デバイスの分野においてこの種装置はその研究・開発に重要な役割を演じるものとなる。

4 探針法による走査型トンネル顕微鏡を用いた評価装置では4つの探針が直線上に等間隔に配置されていて、外側2本の探針から電流を試料に流し込み、試料の電気抵抗のために生じる電圧降下を内側2本の探針で測定する。このとき、この電圧探針にはほとんど電流が流れないため、探針接触点での接触抵抗の影響を受けずに、試料での電圧降下 V だけを測定できる。測定電流を I とすると4端子プローブ法による電気抵抗は $R = V / I$ と求まる。探針間隔とサンプルへの探索深さは図10に示すように相関関係があり、極表面の情報を得たい場合には図の(b)に示したように相応の狭い間隔にプローブを配置する必要がある。しかしながら、従来技術では加工上の限界があり、探針の直径が制限となって例えば数 μm ピッチの探針間隔のプローブを作ることは出来なかった。

【0003】

探針間隔がミリメートルからセンチメートル程度の4端子プローブは従来から用いられ、研究も数多く報告されているところであるが、半導体デバイスの表面解析には適用できない。通常のリソグラフィ等によるシリコン微細加工の技術を駆使して最近数 μm ピッチのマイクロ4端子プローブが作られ、それを用いたシリコン結晶表面の電気抵抗測定の報告が東大大学院グループにより発表(応用物理第70巻 第10号 2001年)されている。しかしながらデバイス最表面の解析を行う場合には数 μm 間隔では性能上十分では無く、少なくとも $1\mu\text{m}$ 以下の探針間隔が必要になってきた。このようにサブミクロンオーダーとなると、上記シリコン微細加工の技術を駆使してもこの間隔の4端子プローブを作製することは構造上困難な状況にある。

【0004】

また、対象物表面における測定箇所的位置合わせを従来光学顕微鏡で行っていたが、デバイス最表面の解析を行う場合には求められている測定領域が極端に小さいため、従来の光学顕微鏡では位置合わせをすることが困難であり、代替手段として走査型電子顕微鏡(SEM)や原子間力顕微鏡(AFM)などの新たな観察手法が必要である。SEMを用いた場合、観察期間中は常時電子がサンプルに

照射されることになるが、それがノイズとなってしまうため正確な電気計測を行なうことができない。他方AFMでは一般大気環境および特殊雰囲気環境の双方での観察が可能であるが、同じ探針ということで多探針プローブそのものを画像取得用にも流用使用とした場合、①一列に並んだ複数探針で検出した信号から画像解析を行なうことは困難なこと、②走査によって汚染物質が付着したりダメージを受ける等の理由から正確な計測に支障をきたすといった問題を伴う。さらに、従来のAFMでは変位検出にカンチレバーに配置したミラーの光てこ方式を用いるのが一般的であり、この場合レーザーが試料に照射されることになる。レーザー光は励起エネルギー源となって表面原子を励起状態にするため、デバイス表面の電子の移動に大きな影響を及ぼすこととなりこれも正確な電気計測を妨げることになる。フィルターを用いた波長カットオフによって励起光となる波を除外することも可能であるが、完全暗視野でないことともに、光強度の減衰による感度の低下を含め問題が生じる場合が多い。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の課題は、サブミクロン間隔の多探針プローブを製作できる加工法を確立し、そのような極微小多探針プローブを提供することであり、また、その極微小多探針プローブを用いた極端に小さい領域での電気計測において、該計測に影響を及ぼすことの無い位置合わせ機能を備えた半導体デバイス等の極表面解析装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明の極微小多探針プローブ製造方法は、リソグラフィによるマイクロカンチレバー製作手法により複数本のリード部を分離形成すると共に先端部には短絡エリアが形成されたカンチレバーを作成するステップと、集束荷電粒子ビームを用いて前記先端部の短絡エリアを電子線描画露光やX線露光とエッチングにより形成するか、またはスパッタ若しくはガスアシストエッチングにより加工し、5 μ m以下のピッチの探針を形成させるステップとからなる。

また、本発明の極微小多探針プローブ製造方法は、リソグラフィによるマイク

ロカンチレバー製作手法により複数本のリード部を分離形成したカンチレバーを作成するステップと、前記カンチレバーの先端部に原料ガスを噴射しつつ集束荷電粒子ビームを照射して、 $5\mu\text{m}$ 以下のピッチの探針をCVD形成させるステップとからなる。

【0007】

本発明の表面特性解析装置は、極微小多探針プローブを非接触状態にしてAFM機能によって試料面の観察画像を得、該観察画像から計測領域を特定し、前記極微小多探針プローブを特定領域に位置決めして接触させる機能を備えるために、 $1\mu\text{m}$ 以下のピッチの極微小多探針プローブを先端部に具備したマイクロカンチレバーと、先端部に専用の探針を具備したAFM用のマイクロカンチレバーとを前記両探針の位置を既知の所定間隔に配置すると共に、両カンチレバーを独立して試料面に対して接触／非接触状態に駆動する手段とを備える。そして、接触／非接触状態に駆動する手段としては、温度制御によるバイメタル式アクチュエータ、くし歯状の静電アクチュエータ若しくは圧電マイクロアクチュエータを採用する。また、暗視野形態での測定を可能とするためにカンチレバーには歪みゲージが設置された自己検出方式を採用する。

【0008】

【発明の実施の形態】

半導体プロセス評価に用いられる4探針法による走査型トンネル顕微鏡において、探針間隔とサンプルへの探索深さは、前述したように図10に示すような相関関係があり、極表面の情報を得たい場合には図の(b)に示したように相応の狭い間隔にプローブを配置する必要がある中で、従来技術では加工上の限界があり、探針の直径が制限となって $8\mu\text{m}$ ピッチの電極の報告があるが、サブミクロンピッチの探針間隔のプローブを作ることは出来ないという事情があった。そこで、本発明は、カンチレバー本体をまず従来法により製作し、先端のプローブ部分をナノ加工技術を駆使して極微小ピッチの探針間隔のプローブを作ることを想到したものである。

すなわち、1つの手法はシリコン等の基板の上に導電性薄膜をコートしたり、イオン打ち込み (ion implantation) により導電性を持たせて、互いに分離した

多探針の導電部を形成すると共に先端部は該多探針の導電部を1つにまとめた短絡エリアを形成させた1本のマイクロカンチレバーを作成し、 $1\mu\text{m}$ 以下の探針ピッチを得るために、前記先端の短絡エリアに、例えば集束イオンビーム(FIB)装置を用いたスパッタエッチング又はガスアシストエッチングのようなエッチングプロセスでくし型電極を形成し、それを多探針のプロープとして使用することが考えられる。

また、他の手法としては、互いに分離した多探針の導電部を形成すると共に先端部は非導電エリアを形成させた1本のマイクロカンチレバーを作成するまでは上記と同様の手法で製作し、該バッチプロセスで配線されたカンチレバーの先端にFIB装置を用いたCVDにより金属やカーボンを所望の間隔にデポジションすることによって上記構造を得ることも可能である。また、このCVDに代えてビームを絞ったイオン打ち込みの技術で微小多探針の導電部を形成することもできる。

さらにくし型電極のみを用いるのではなく、電極の先端部に導電性物質(例えば炭素、タングステンなど)を積層・堆積することによってニードル状電極を製作し試料とのコンタクト性を向上させることもできる。

また、FIB装置を用いてデポジションされたメタルの加工での電極作製においては、金属膜厚にもよるが数百から数nmの間隔の超極微小多探針プロープを容易に作製加工することが可能である。

以上の説明では荷電粒子ビームとしてFIBを用いるものを示したが、ガスアシストエッチング法やCVD法による加工は電子ビームを用いた装置によっても可能である。

【0009】

また、デバイス最表面の解析を行う場合にはその位置の特定が必要であり、従来は光学顕微鏡で試料であるデバイス表面の観察像を得て、位置合わせを行っていたがその測定領域が極端に小さいため、光学顕微鏡で位置の特定をすることが困難であることに鑑み、光学顕微鏡に代替する手段として分解能の高い走査型電子顕微鏡(SEM)や原子間力顕微鏡(AFM)などの新たな観察手法が必要とされる。SEMを用いた場合、前述のように観察期間中は常時電子がサンプル

に照射されることになり、それがノイズとなって正確な電気計測を行なうことができないという問題があつてこの種表面観察装置には使い難い。AFMで観察画像を得ようとした場合、変位計測のために用いるレーザーが励起源となって表面原子を励起状態にしてしまう問題について、本発明ではレーザーを使用しないAFM、例えばカンチレバーに歪みゲージを貼着して変位を検出する方式のものを採用することでこの問題の解決を図ることに想到した。また、①一列に並んだ複数探針で検出した信号から画像解析を行なうことは困難なこと、②走査によって汚染物質が付着したりダメージを受ける等の理由から正確な計測に支障をきたすといった問題については、表面解析のプロブとして用いる多探針プロブとは別に表面観察用の単探針プロブを備えと共に、該表面観察用の単探針プロブを走査して観察画像を得る際には、前記表面解析用のプロブとする多探針プロブを非接触状態として汚染物質が付着したりダメージを受けることを防止することに想到し、両プロブが独立して接触／非接触位置を取り得る機構を備えるようにした。これらの機構としては温度制御によるバイメタル式アクチュエータ、くし歯状の静電アクチュエータ若しくは圧電マイクロアクチュエータ等により、カンチレバーを昇降させるものを採用することができる。

【0010】

【実施例1】 次に本発明の手法によって加工製作した4探針プロブの実施例を示す。シリコン基板を元材料としてリソグラフィによって図1に示す幅 $16\mu\text{m}$ の細長いカンチレバー1とその基部2を形状形成し、4つの探針のリード路3を基部2においては $35\mu\text{m}$ 間隔に、カンチレバー部1においては $3.4\mu\text{m}$ 間隔に白金膜パターン形成する。この材料はアルミニウムやタングステン等他の金属であってもよい。このように形成したカンチレバー1の先端部を図2のAに拡大表示する。図2のAから分かるようにカンチレバー1の先端部は先細り形状とされ、該先端部には各リード路3が共通の導電部である短絡エリア4に突き当たるようにパターン形成されている。この先端部をFIB装置を使って微細加工し、サブミクロン間隔の4探針の形成加工を実行する。このスパッタエッチングは白金膜を除去するだけでも良いが、試料面との良好な接触のため櫛歯状にシリコン基板部まで除去しても良い。

【0011】

用いるFIB装置の基本構成を図11に示す。FIB装置はイオン源から引出したイオンをイオン光学系によって集束イオンビームに絞り試料面に照射する。照射位置は偏向装置（デフレクタ）によって制御され、照射された試料面から電子若しくは2次イオンがはじき出され、2次荷電粒子検出器でそれを検出する。検出した2次荷電粒子はSIBが照射されたビームスポットの試料面素材に依存するので、照射位置が二次元的に走査された場合、その位置情報と検出情報を合成処理してディスプレイに表示することによって試料表面の顕微鏡像を得ることが出来る。これがFIB装置による走査型顕微鏡としての機能である。また、FIBを照射することによって試料表面の素材を削る加工がスパッタエッチング機能であり、ガス銃からアシストガスを噴射させつつFIBを照射することによって試料表面の素材を化学反応を促進させて削る加工がガスアシストエッチング機能である。更に、ガス銃から原料ガスを噴射させつつFIBを照射することによって試料表面に素材を堆積させる加工がデポジション（CVD）機能である。

【0012】

本発明では、このような機能を備えたFIB装置を用い、前記のカンチレバー1の先端部の顕微鏡画像を得る。すると、図2のAに示したような顕微鏡画像が得られるので、該カンチレバー1の先端部の位置並びに先端部の短絡エリア4のパターン情報を得る。この位置情報に基き、本実施例では図2のBに示すように該先端部をFIB装置のスパッタエッチング機能を用いて幅 $3.6\mu\text{m}$ ×長さ $2.5\mu\text{m}$ の方形突出部5を形成する。また、同じFIB装置のスパッタエッチング機能を用いて当該方形突出部5を加工し、 $0.8\mu\text{m}$ 間隔の電極6が残って形成されるよう短絡エリア4の導電部をエッチングし、極微小電極6と該極微小電極6とリード路3を接続するリード路31を形成する。このこのようにFIB装置のスパッタエッチング加工を施すことで図2のBに示したような4探針のプロープがカンチレバーの先端部に形成される。

また、これと同じ加工をFIB装置のスパッタエッチング加工に代えてFIB装置のガスアシストエッチング加工によって形成させることができる。その場合、アシストガスは塩素等のハロゲンガスを用いる。

【0013】

【実施例2】 次に本発明の他の手法であるFIB装置を用いたデポジションによって加工製作した4探針プローブの実施例を示す。シリコン基板を元材料としてリソグラフィによって図3に示す幅 $16\mu\text{m}$ の細長いカンチレバー1とその基部2を形状形成し、4つの探針のリード路3を基部2においては $35\mu\text{m}$ 間隔に、カンチレバー部1においては $3.4\mu\text{m}$ 間隔にパターン形成する。このように形成したカンチレバー1の先端部を図4のAに拡大表示する。図4のAから分かるようにカンチレバー1の先端部は先細り形状とされ、該先端部で各リード路3が終端部となるようにパターン形成されている。先の実施例と異なるのは導電性の短絡エリアが形成されていない点である。この先端部をFIB装置を使って微細加工し、サブミクロン間隔の4探針の形成加工を実行する。

【0014】

本実施例では、FIB装置を用い、前記のカンチレバー1の先端部の顕微鏡画像を得る。すると、図4のAに示したような顕微鏡画像が得られるので、該カンチレバー1の先端部の位置並びに先端部のリード路3の終端部位置情報を得る。この位置情報に基き、本実施例では図4のBに示すように該先端部をFIB装置のCVD機能を用いて $0.8\mu\text{m}$ 間隔の電極並びに該電極とリード路3の終端部とを接続するリード路31を形成されるよう短絡エリア4の導電部をデポジション形成する。ガス銃に充填する原料ガスはフェナントレンとし、極微小電極6並びにリード路31はシリコン基板上にカーボンで成膜される。更に、該極微小電極6の先端部を延長するようにデポジションによる造形を施す。このようにFIB装置のCVD加工を施すことで図4のBに示したような4探針のプローブがカンチレバー1の先端部に形成される。

【0015】

【実施例3】 次に、上記の実施例のようにくし型電極のみを用いるのではなく、試料とのコンタクト性を向上させるために、更にその電極の先端部にFIB装置を用いたCVD加工によって導電性物質(例えば炭素、タングステンなど)を積層・堆積させてニードル状電極を形成した実施例を示す。この加工工程は図5に示すようにFIB加工2までは先の実施例とほぼ同じである。すなわち、加

工前として示したものはリソグラフィによって細長いカンチレバー 1 を形状形成し、4つの探針のリード路 3 を白金膜パターン形成したものである。FIB加工 1 として示したものはそのカンチレバー 1 の先端部を FIB 装置を使ってスパッタエッチングによって削って先端部加工を施し方形突出部 5 を形成する。なお、この加工は必ずしも必須ではなく、実施例 2 のように省略して CVD 加工に移ってもよい。FIB加工 2 では FIB 装置を用いた CVD 加工によって先端部に極微小電極 6 とリード路 3 との接続リード路 31 を微細加工し、サブミクロン間隔の 4 探針の形成加工を実行する。そして、この実施例は FIB加工 3 として前記先端部の極微小電極 6 に垂直方向に向いたニードル 61 を更に FIB 装置を用いた CVD 加工によって形成させる。このようにして形成されたニードル 61 が試料面と接触するため先の実施例 2 のくし型電極のみを用いるものに較べ試料とのコンタクト性を向上させることができる。なお、極微小電極 6 に垂直方向に向いたニードル 61 を更に FIB 装置を用いた CVD 加工によって形成させることは短絡エリア 4 をエッチング加工で極微小探針 6 を分離形成したものにも応用することが出来る。

【0016】

しかし、このようにして形成された 4 本の極微小電極 6 のニードル 61 は加工高さが異なることによって、サンプルに均一に接触せず導通不良が生じたり、接触圧力が異なり接触抵抗が異なるなどの問題を生じることがある。そこで本実施例ではこの問題を回避する為、造形する電極 62 を図 6 の A に示すように弓型形状として弾力性を持たせる構造に形成し、すべての探針に均一に接触圧力が掛かるようにした。この弾性形状は図 6 の B に示すようなコイル状とすることもできる。この結果多少の高さバラツキは許容され、探針製作上の容易性が飛躍的に高くなる。

【0017】

【実施例 4】 次を示す実施例もすべての探針に均一に接触圧力が掛かるようにしたもので、細長いカンチレバー 1 をリソグラフィによって形状形成する際にその先端部に凸状の土手 11 を形成し、そのようなカンチレバー 1 に 4 つの探針のリード路 3 を白金膜パターン形成したものである。図 7 はその加工工程を示し

たもので、加工前として図示したものがリソグラフィーによって形成したカンチレバー 1 であり、上段の平面図中の A-A' 断面図を中段に斜視図を下段に示している。この図から本実施例における山なりの凸状となっている土手 11 の形状が理解されよう。F I B 加工 1 として図示したものは、このカンチレバー 1 の先端部である土手 11 の一部を F I B 装置を用いたスパッタエッチングによって削り、方形突出部 5 を形成したものである。この加工を施したものは下段の斜視図から判るように方形突出部 5 に山なりの凸状土手 11 が残されている。F I B 加工 2 において、この部分に F I B 装置を用いた C V D 加工によって先端部に極微小電極 6 とリード路 3 との接続リード路 31 を微細加工し、サブミクロン間隔の 4 探針の形成加工を実行する。すると下段の斜視図から明らかなように極微小電極 6 は前記山なりの凸状土手 11 表面上にデポジションされるので山なりに形成される。従って、試料面にこのカンチレバー 1 を接近させるとその稜線部が接触することになる。この実施例の場合、当初のリソグラフィによるカンチレバー 1 先端の土手 11 の稜線部が均一に形成されていれば極微小電極 6 の凸部も均一高さに形成され、試料面と複数の極微小電極 6 との接触関係も安定したものとなる。なお、当初のリソグラフィによるカンチレバー 1 先端の土手 11 の形成は反応性ドライエッチング若しくはウエットエッチングの手法で形成させることができる。また、カンチレバー 1 先端にこの種土手 11 を形成させるのは先端部に短絡エリア 4 が形成されたカンチレバーのものにも応用出来る。

【0018】

【実施例 5】 次に対象物表面における測定箇所的位置合わせ機能をもたせるために、原子間力顕微鏡 (A F M) のプローブを併設した本発明の表面特性解析装置の実施例を示す。図 8 に示すように解析用の極微小 4 探針 6 を先端部に備えたカンチレバー 1 と、A F M の探針 9 を先端部に備えた A F M カンチレバー 8 とが互いの探針を近接させた位置関係で併設されている。この併設された両カンチレバーの先端部分の拡大図を図 9 の D に示す。この実施例では図 8 から判るように A F M カンチレバー 8 の基部両側にパッド 10, 10' が形成されていて該パッド 10, 10' を加熱すると、バイメタル効果によりカンチレバー 8 を上方に退避させる機能を備えている。非加熱時においては A F M の探針 9 の先端部が試料面上に当

接し、その際極微小4探針6の先端部は図9のAに示すように試料表面から離反した状態にある。この状態を保つには試料の凹凸を考慮して探針9の高さ寸法を選択することが必要で、一般的には $5\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ が適当である。バイメタル効果によりカンチレバー8を上方に退避させる加熱時においては、AFMの探針9の先端部は図9のBに示すように極微小4探針6の先端部より上方位置へ退避させられる。このとき、両探針6, 9の先端部は共に試料面に対し非接触の状態にある。つづいて図示していない試料ステージをZ（上方）方向に移動させて図9のCに示すように極微小4探針6と試料とが適度の圧力で接触するように調整する。この際の接触圧はカンチレバー1に備えられた歪みゲージで検出する。上記の退避変位量は探針9の高さ寸法+ α であることが必要で、一般には α は $1\mu\text{m}$ 以上である。というのは極微小4探針6を試料面に対して所定圧力で接触させるとき、カンチレバー1が変形することを考慮してのことである。この検出並びに先のにはAFMのカンチレバー検出方式をレーザを用いた光てこ方式ではなく、歪ゲージをカンチレバー本体に作りこんだ自己検知型とすることによって、暗視野における観察・計測を行うことで励起による誤差の問題を回避することが可能である。また、副次的な効果として、従来の光てこ方式では例えば本実施例のようにカンチレバーが複数構造の場合カンチレバーの本数と同等か近い数量のレーザ位置検出系が必要であり、装置構成上、レーザ位置合わせといった使用上、非常に煩雑・複雑である。他方自己検知方式では電気信号の出力のみが複数となるだけで、非常に簡便に装置を構成することが可能である。

【0019】

本実施例の動作は、まず非加熱状態すなわち、AFMの探針9の先端部が試料面上に当接し、極微小4探針6の先端部が試料表面から離反した状態において試料表面を2次元走査し、その3次元形状を取得する。この動作は通常の走査型プローブ顕微鏡と同様である。得られた3次元イメージから試料の測定位置を選択特定し、4探針6の先端部が指定位置にくるようにするのであるが、極微小4探針6の先端部とAFMの探針9の先端部は所定間隔離れているのでそのドリフト分を座標上で補正しておく必要がある。AFMの探針9の先端部が特定した測定位置からそのドリフト分ズレた位置にくるように試料ステージをX, Y駆動する

。その結果、4 探針 6 の先端部が指定位置にくることになる。その後、図 9 の B に示すようにパッド 10, 10' を加熱して、バイメタル効果によりカンチレバー 8 を上方に退避させた状態とし、続いて試料ステージを Z（上方）方向に移動させて図 9 の C に示すように極微小 4 探針 6 と試料が適度の圧力で接触するように調整する。この際の接触圧はカンチレバー 1 に備えられた歪みゲージでモニターする。一定の圧力が試料にかかっていることを確認したら、4 探針測定を開始し、その位置でのデータを取得する。

【0020】

【発明の効果】

本発明のマイクロカンチレバー製作手法は、リソグラフィによるにより複数本のリード部を分離形成すると共に先端部には短絡エリアが形成されたカンチレバーを作成するステップと、集束荷電粒子ビームを用いて前記先端部の短絡エリアをスパッタ若しくはガスアシストエッチングにより加工し、探針を形成させるステップとからなるもの、または、リソグラフィによるマイクロカンチレバー製作手法により複数本のリード部を分離形成したカンチレバーを作成するステップと、前記カンチレバーの先端部に原料ガスを噴射しつつ集束荷電粒子ビームを照射して、探針を CVD 形成させるステップとからなるものであるから、従来技術では不可能であった極微小部・極表面の電気的情報を容易に取得することができる。

本発明の極微小多探針プローブ製造方法において、探針を弾性構造に CVD 形成することによって、多少の高さバラツキは許容され、探針製作上の容易性が飛躍的に高くなる。

【0021】

本発明の表面特性解析装置は、極微小多探針プローブを先端部に具備したマイクロカンチレバーと、先端部に専用の探針を具備した AFM 用のマイクロカンチレバーとを前記両探針の位置を既知の所定間隔に配置すると共に、両カンチレバーを独立して試料面に対して接触／非接触状態に駆動する手段とを備えたものであるから、極微小多探針プローブを非接触状態にして保護しつつ AFM 機能によって試料面の観察画像を得、該観察画像から計測領域を特定し、前記極微小多探針プローブを特定領域に位置決めして接触させる機能を備える。従来の光学顕微

鏡では位置合わせが困難であった任意の位置(例えば配線部位)での電気計測においても、AFMとの複合化を可能にしたアレイプローブで正確な電気計測が可能になる。

また、接触／非接触状態に駆動する手段は、温度制御によるバイメタル式アクチュエータ、くし歯状の静電アクチュエータ若しくは圧電マイクロアクチュエータのいずれかを採用し容易に実行できる。

更に、カンチレバーには歪みゲージが設置された自己検出方式を採用することにより、完全暗視野状態での電気計測も可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

リソグラフィによって形状形成した本発明の細長いカンチレバーとその基部の実施例を示す図である。

【図 2】

Aは形成したリソグラフィによって形状形成したカンチレバーの先端部の拡大表示図で、BはFIB装置によるエッチング加工で形成した極微小探針を示す図である。

【図 3】

リソグラフィによって形状形成した本発明の細長いカンチレバーとその基部の他の実施例を示す図である。

【図 4】

Aは形成したリソグラフィによって形状形成したカンチレバーの先端部の拡大表示図で、BはFIB装置によるCVD加工で形成した極微小探針を示す図である。

【図 5】

櫛歯状の電極に垂直方向にFIB装置によるCVD加工でニードル状の探針を形成させた実施例を示す図である。

【図 6】

FIB装置によるCVD加工で弾性形状にした極微小探針を示す図であり、Aは弓型、Bはコイル型のものを示す。

【図 7】

カンチレバーの先端部に山なりの凸状土手を形成し、試料面との接触の安定性をもたせた実施例を示す図である。

【図 8】

解析用の極微小 4 探針を先端部に備えたカンチレバーと、A F M の探針を先端部に備えた A F M カンチレバーとが互いの探針を近接させた位置関係で併設された形態を示す図である。

【図 9】

A は通常時における極微小 4 探針と A F M の探針が試料との接触関係を示す図で、B は A F M の探針が上昇変位した状態を、C は極微小 4 探針が試料と接触関係にある状態を示す図、D は両カンチレバー先端部の拡大図である。

【図 10】

探針間隔とサンプルへの探索深さの相関関係を示す図である。

【図 11】

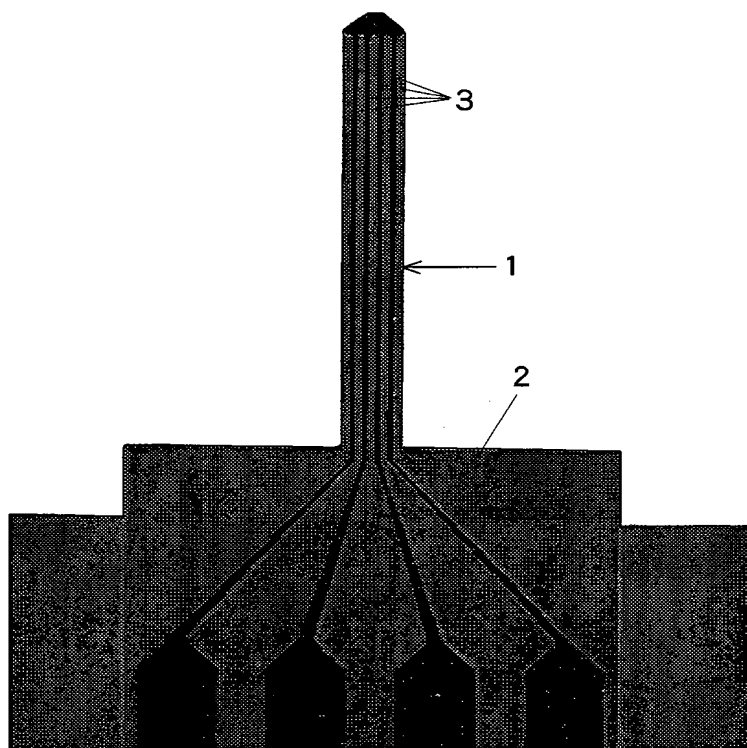
本発明に使用される F I B 装置の基本構成を示す図である。

【符号の説明】

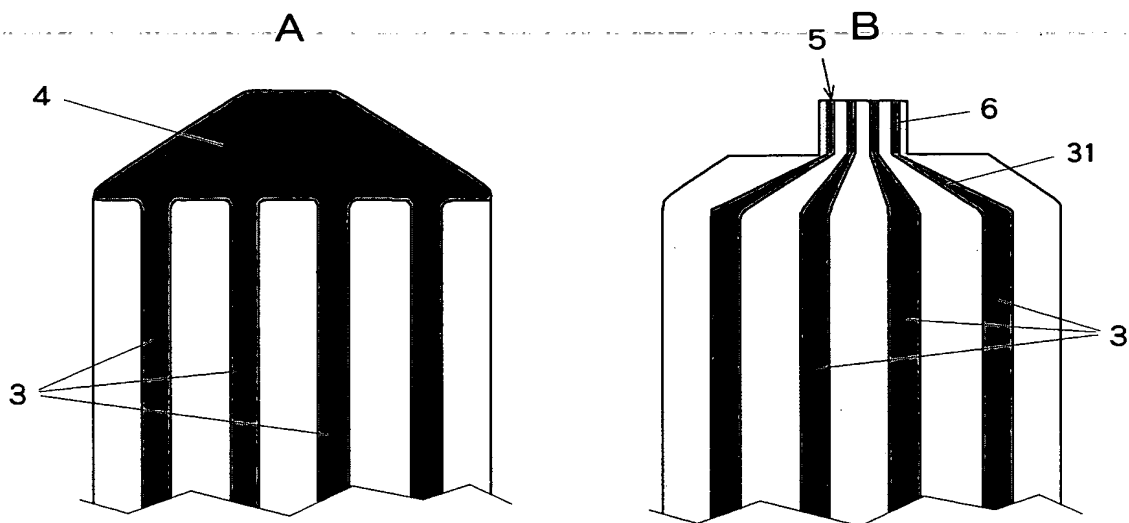
- | | |
|--------------|-----------------|
| 1 解析用カンチレバー | 6 極微小電極 |
| 1 1 山なりの凸状土手 | 6 1 ニードル探針 |
| 2 カンチレバーの基部 | 6 2 弾性探針 |
| 3 リード路 | 8 A F M 用カンチレバー |
| 3 1 接続リード路 | 9 A F M 用探針 |
| 4 短絡エリア | 10, 10' 加熱パッド |
| 5 方形突出部 | |

【書類名】 図面

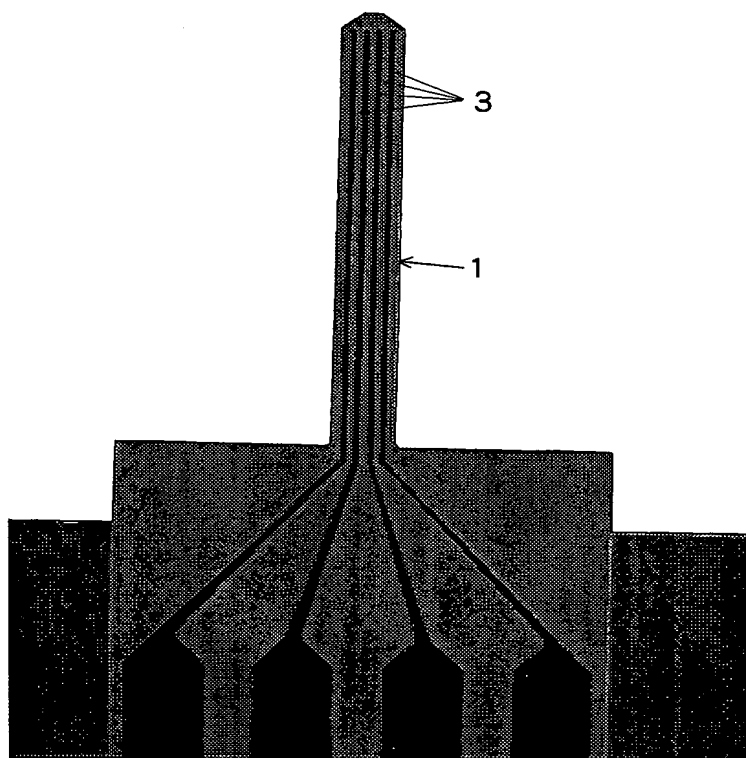
【図 1】



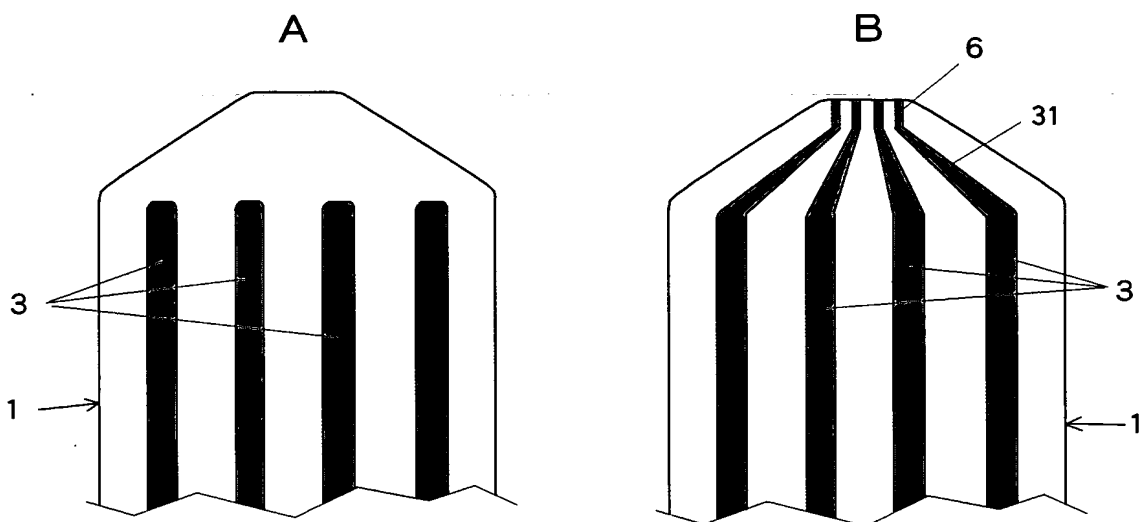
【図 2】



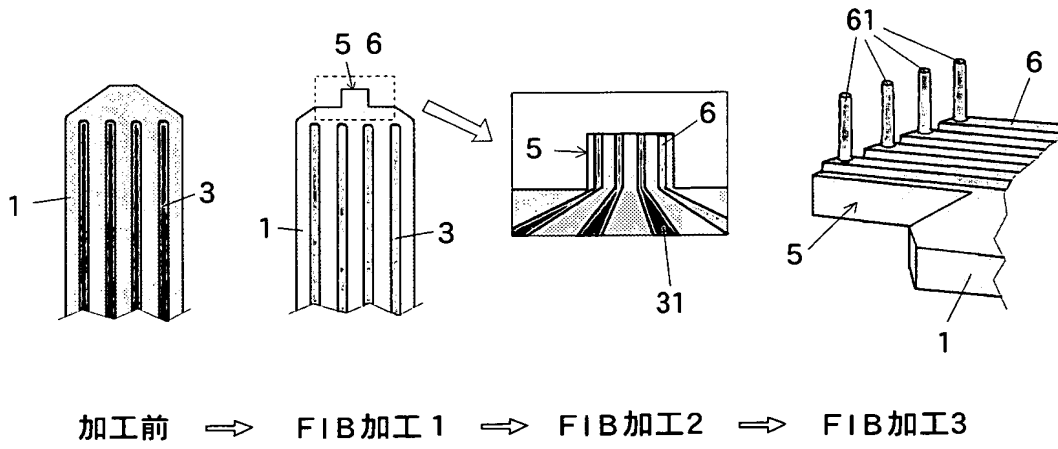
【図 3】



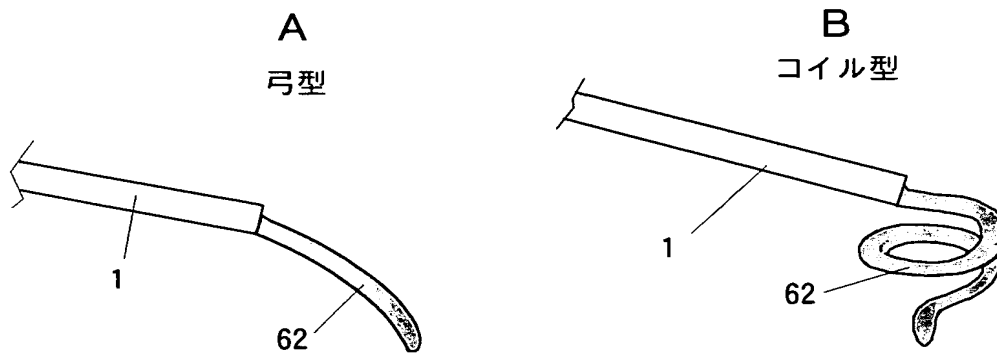
【図 4】



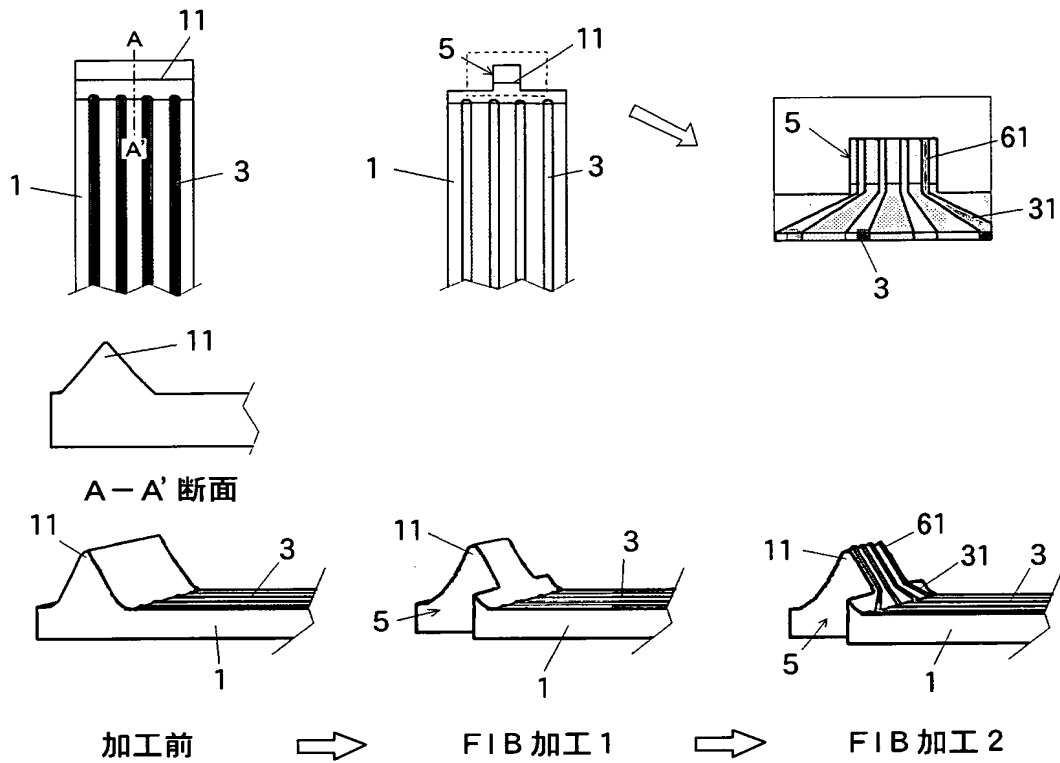
【図 5】



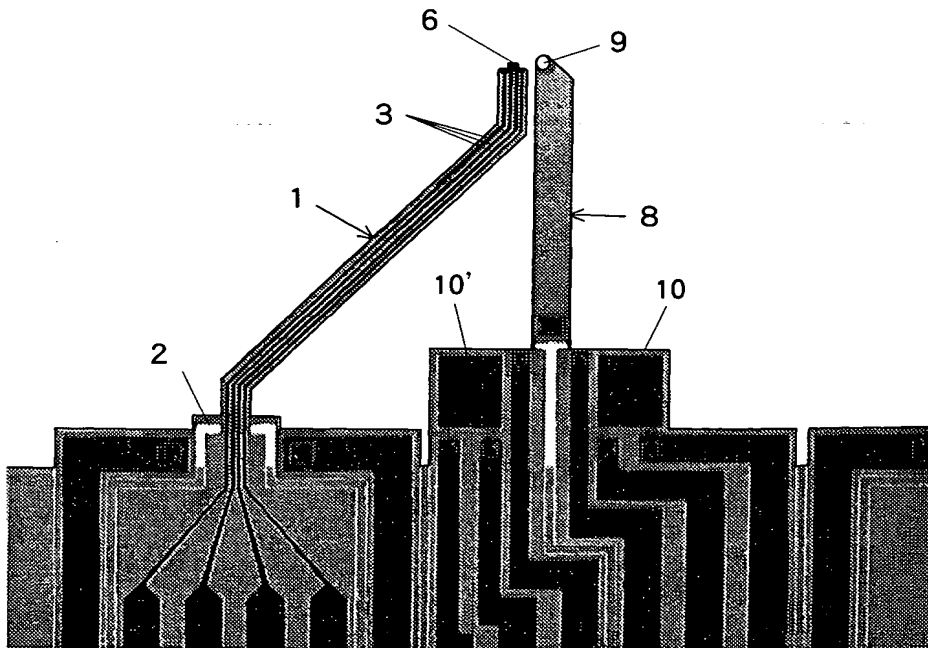
【図 6】



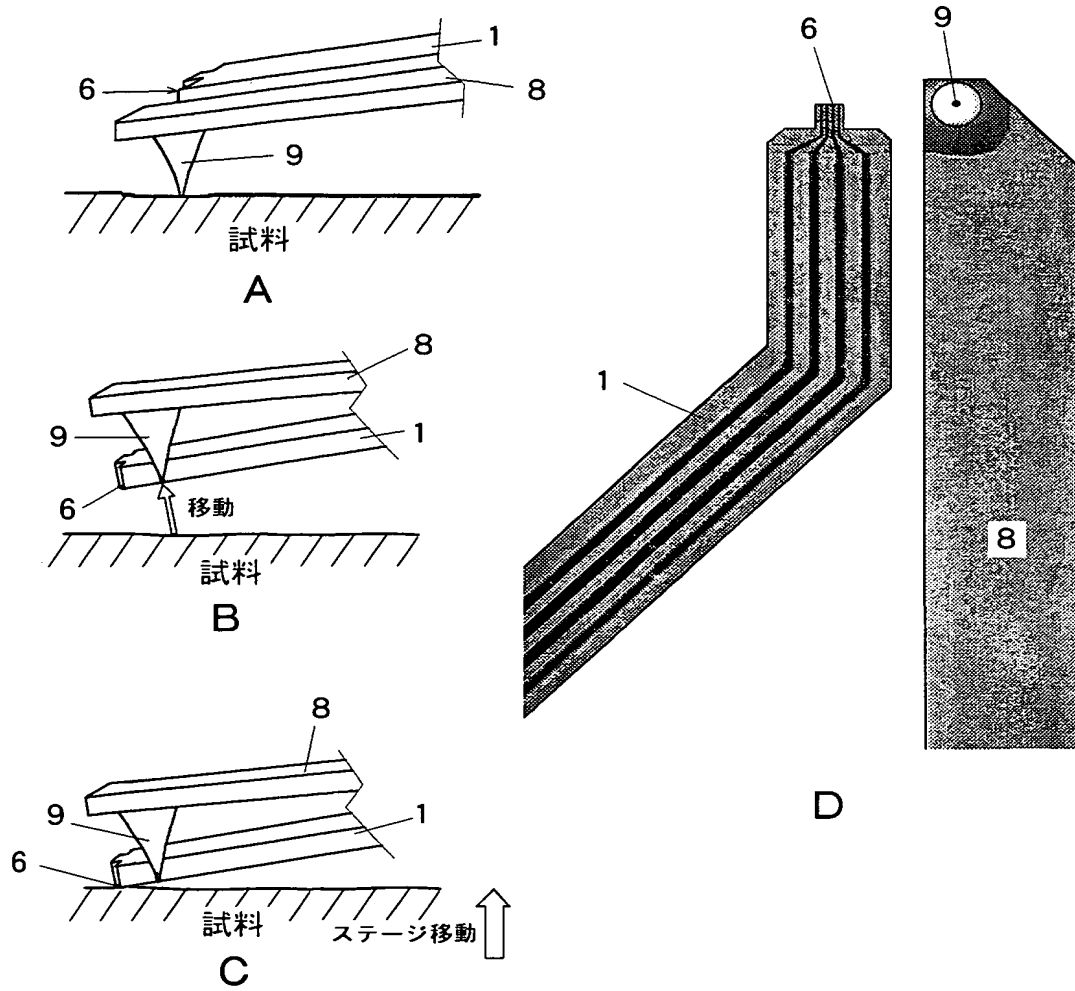
【図7】



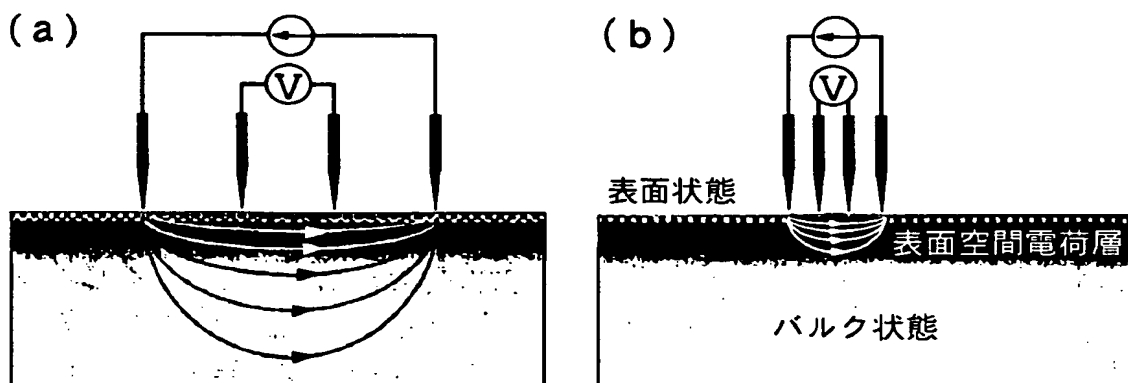
【図8】



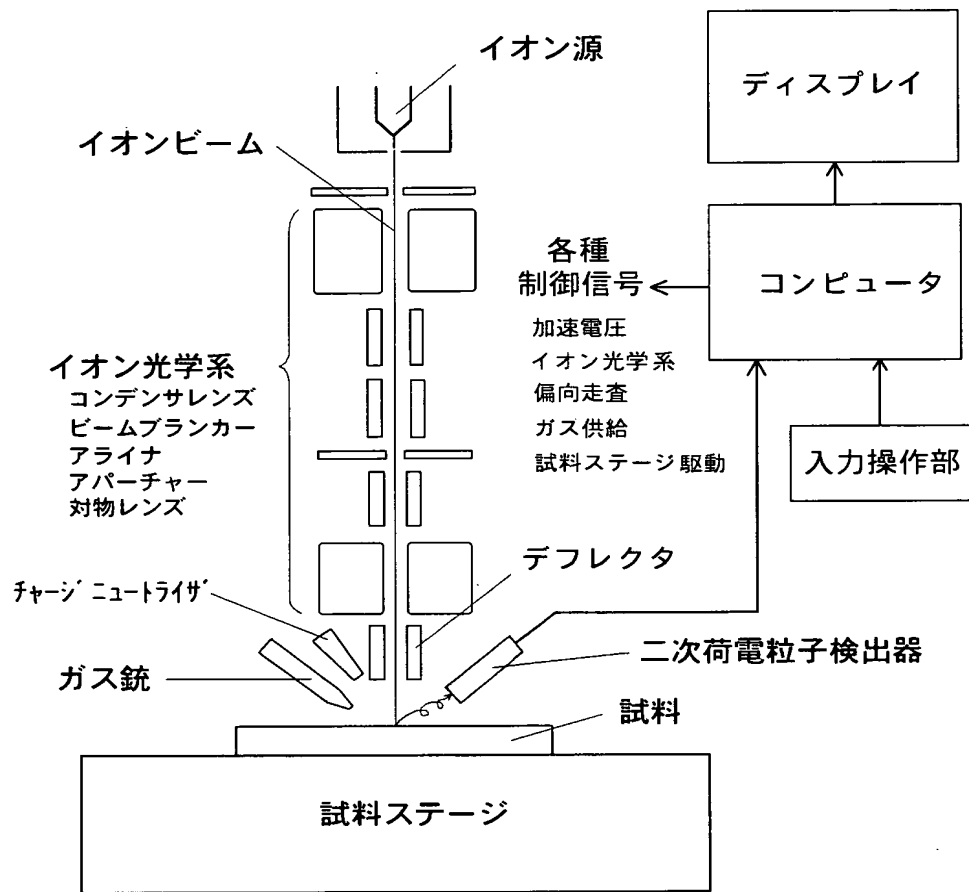
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明の課題は、サブミクロン間隔の多探針プローブを製作できる加工法を確立し、そのような極微小多探針プローブを提供することであり、また、その極微小多探針プローブを用いた極端に小さい領域での電気計測において、該計測に影響を及ぼすことの無い位置合わせ機能を備えた半導体デバイス等の極表面解析装置を提供することにある。

【解決手段】 本発明の極微小多探針プローブ製造方法は、リソグラフィによるマイクロカンチレバー製作手法により複数本のリード部を分離形成すると共に先端部には短絡エリアが形成されたカンチレバーを作成するステップと、集束荷電粒子ビームを用いて前記先端部の短絡エリアをスパッタ若しくはガスアシストエッチング又は、CVD形成により加工し、 $5\mu\text{m}$ 以下のピッチの探針を形成させるステップとからなる。

【選択図】 図 2

【書類名】 出願人名義変更届（一般承継）
【整理番号】 02000642
【提出日】 平成16年 5月26日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
【出願番号】 特願2002-254880
【承継人】
【識別番号】 503460323
【氏名又は名称】 エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社
【代表者】 船本 宏幸
【承継人代理人】
【識別番号】 100079212
【弁理士】
【氏名又は名称】 松下 義治
【提出物件の目録】
【包括委任状番号】 0401441
【物件名】 承継人であることを証する書面 2
【援用の表示】 承継人であることを証する書面（承継証明書）は同日付提出の平成5年特許願第040318号の出願人名義変更届（手続補足書）に添付されたものを、登記簿謄本は平成16年1月20日付提出の平成10年074663号の出願人名義変更届（手続補足書）に添付のものを援用致します。

特願 2 0 0 2 - 2 5 4 8 8 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 2 3 2 5]

1. 変更年月日 1 9 9 7 年 7 月 2 3 日
[変更理由] 名称変更
住 所 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地
氏 名 セイコーインスツルメンツ株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 4 年 9 月 1 0 日
[変更理由] 名称変更
住 所 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地
氏 名 セイコーインスツル株式会社

特願 2 0 0 2 - 2 5 4 8 8 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 3 4 6 0 3 2 3]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 1 2 月 1 5 日

[変更理由]

新規登録

住 所

千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地

氏 名

エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.